

中国质量检验协会文件

中检办发〔2026〕112号

中国质量检验协会关于《立体仓库货架用 锌铝镁合金钢板技术条件》团体标准 征求意见的通知

各有关单位和相关专家：

中国质量检验协会（以下简称本协会）批准立项的《立体仓库货架用锌铝镁合金钢板技术条件》团体标准经过有关专家、参编单位的讨论和修改，据此形成上述团体标准征求意见稿。

按照《中国质量检验协会团体标准管理办法》的相关规定和要求，本协会现对上述团体标准公开征求意见，请各有关单位和相关专家对上述团体标准制定的修改意见和建议于2026年7月4日前反馈至本协会；如逾期未作反馈，则视为无意见和建议。

谨此感谢有关专家和参编单位与社会各界对本协会团体标准制修订工作的大力支持！

本团体标准编制工作组 联系人：

任国静（手机：18510131002）

包威（手机：15313690021）

中国质量检验协会 联系人：李欣然

电话：（010）59196531

手机：15534002402

邮箱：253255140@qq.com

附件：1.《立体仓库货架用锌铝镁合金钢板技术条件》（征求意见稿）

2. 团体标准征求意见表



附件 1

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CAQI XXX—2026

立体仓库货架用锌铝镁合金钢板 技术条件

Technical specifications for zinc-aluminum-magnesium alloy shelves
used in stereoscopic warehouses

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国质量检验协会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由华兴中科标准技术（北京）有限公司提出。

本文件由中国质量检验协会归口。

本文件起草单位：浙江世仓智能仓储设备有限公司、首钢集团有限公司、甘肃酒钢集团宏兴钢铁股份有限公司、保定奥琦圣新型金属材料制造有限公司、南京时通货架有限公司、中普精密制造有限公司、浙江中达货架科技有限公司、华兴中科标准技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：程亮、徐金、程邦魁、王鹏博、邵蓉、张永强、曹荣华、唐牧、张国堂、陈翠、卢坤鹏、张正东、翟小兵、朱亮红、李华、任国静、张亚栋。

立体仓库货架用锌铝镁合金钢板技术条件

1 范围

本文件规定了立体仓库用锌铝镁合金货架的信息化系统、技术要求、安装要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于立体仓库中采用连续热镀锌铝镁合金镀层钢板及钢带制作的组合式钢结构货架的生产、检验和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 228.1-2021 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般要求
- GB/T 1839 钢产品镀锌层质量试验方法
- GB/T 2518-2019 连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带
- GB/T 2523 冷轧金属薄板和薄带表面粗糙度、峰值数和波纹度测量方法
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
- GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能 第2部分：螺母
- GB/T 3098.5 紧固件机械性能 第5部分：自攻螺钉
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 12689.1 锌及锌合金化学分析方法 第1部分：铝量的测定 铬天青S-聚乙二醇辛基苯基醚-溴化十六烷基吡啶分光光度法、CAS分光光度法和EDTA滴定法
- GB/T 12689.7 锌及锌合金化学分析方法 第7部分：镁量的测定 火焰原子吸收光谱法
- GB/T 12689.8 锌及锌合金化学分析方法 硅量的测定 钼蓝分光光度法
- GB/T 12689.12 锌及锌合金化学分析方法 铅、镉、铁、铜、锡、铝、砷、锑、镁、镧、铈量的测定 电感耦合等离子体—发射光谱法
- GB/T 16597 冶金产品分析方法 X射线荧光光谱法通则
- GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求
- GB/T 19292.1-2018 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分：分类、测定和评估
- GB/T 20854 金属和合金的腐蚀 循环暴露在盐雾、“干”和“湿”条件下的加速试验
- GB/T 25052 连续热浸镀层钢板和钢带尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 39130 镀锌产品锌层附着性试验方法
- JB/T 11270 立体仓库组合式钢结构货架技术规范
- ISO 12944-6 色漆和清漆 防护漆体系对钢结构的腐蚀防护 第6部分：实验室性能测试方法 (Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 6: Laboratory performance test methods)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锌铝镁合金货架 zinc-aluminum-magnesium alloy shelving

以连续热镀锌铝镁合金镀层钢板及钢带为主要基材，加工制作而成的，立体仓库用钢结构货架。

3.2

连续热镀锌铝镁合金镀层 continuously hot-dip zinc-aluminum-magnesium alloy coating

在连续热镀锌生产线上，将经过预处理的钢带浸入熔融锌铝镁合金镀液中所获得的镀层，按合金成分不同分为 I 型、II 型、III 型，主要用于提高钢材的耐腐蚀性能和使用寿命。

3.3

结构钢 structural steel

在低碳钢的基础上，以碳、锰等为主要固溶强化元素，显微组织由铁素体和少量珠光体组成，符合特定强度和可成形性等级的钢。

3.4

低合金钢 low alloy steel

在低碳钢中，通过单一或复合添加铌、钛、钒等微合金元素，形成碳氮化合物粒子，析出进行强化，同时，通过微合金元素的细化晶粒作用以获得较高强度的钢。

3.5

光整 skin-passing

对热镀锌合金镀层钢带进行轻度冷轧的一种工艺。

注：光整的目的有以下几种：提高表面光洁度和改善外观，但此工艺过程对基板的塑性起不良作用；同时减少部件加工制造过程中出现的拉伸变形或皱褶现象；控制板形。

4 镀层表面处理

可根据仓库环境选用三价铬钝化（C3）、无铬钝化（CN）、三价铬耐指纹钝化（AF3）、无铬耐指纹钝化（AFN）；无铬钝化膜中限制总铬和六价铬离子含量，耐指纹钝化可提高表面耐汗渍玷污性，减少运输和储存过程中的摩擦黑斑。

5 技术要求

5.1 基材

5.1.1 货架承重构件的原材料基材应选用结构钢（S220GD、S250GD、S280GD、S320GD、S350GD、S450GD、S550GD）或低合金钢（HX260LAD、HX300LAD、HX340LAD、HX380LAD、HX420LAD），其力学及工艺性能应分别符合表 1、表 2 的规定。未列入的结构钢和低合金钢，其力学及工艺性能应符合 GB/T 2518-2019 及相关国家标准的规定。

注：基材拉伸试验试样为带镀层试样，屈服现象不明显时，采用规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替上/下屈服强度。

表 1 结构钢的力学及工艺性能

钢种	拉伸试验		
	上屈服强度 R_{eH}/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率

钢种	拉伸试验		
	上屈服强度 R_{eH}/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率
S220GD	≥ 220	≥ 300	$\geq 20\%$
S250GD	≥ 250	≥ 330	$\geq 19\%$
S280GD	≥ 280	≥ 360	$\geq 18\%$
S320GD	≥ 320	≥ 390	$\geq 17\%$
S350GD	≥ 350	≥ 420	$\geq 16\%$
S450GD	≥ 450	≥ 510	$\geq 14\%$
S550GD	≥ 550	≥ 560	—

注1：显时，采用规定塑性延伸强度Rp0.2代替。
注2：试样为GB/T 228.1-2021中的P6试样（ $L_0=80\text{ mm}$ ， $b_0=20\text{ mm}$ ），试样方向为横向。
注3：试样为GB/T 228.1-2021中的P9试样（ $b_0=20\text{ mm}$ ），试样方向为横向。

表 2 低合金钢的力学及工艺性能

钢种	拉伸试验		
	上屈服强度 ^a R_{eH}/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 A_{80mm}
HX260LAD	260~330	350~430	$\geq 26\%$
HX300LAD	300~380	380~480	$\geq 23\%$
HX340LAD	340~440	410~510	$\geq 21\%$
HX380LAD	380~480	440~560	$\geq 19\%$
HX420LAD	420~520	470~590	$\geq 17\%$

注1：屈服现象不明显时，采用规定塑性延伸强度Rp0.2代替。
注2：试样为GB/T 228.1-2021中的P6试样（ $L_0=80\text{ mm}$ ， $b_0=20\text{ mm}$ ），试样方向为横向。
注3：试样为GB/T 228.1-2021中的P9试样（ $b_0=20\text{ mm}$ ），试样方向为横向。

5.1.2 货架常用部件（立柱片、横梁、跨梁等）宜选用低合金钢 HD300LAD 及以上牌号或结构钢 S250GD 及以上牌号，基材公称厚度范围为 0.6 mm~6.0 mm，尺寸、外形及其允许偏差应符合 GB/T 25052 的规定。

5.1.3 用于环境温度等于或低于 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 的货架重要承重部件应采用具备 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 夏比 V 型缺口冲击试验的合格证明，冲击吸收能量 KV2 应不小于 27 J。

5.2 锌铝镁合金涂层

5.2.1 镀层种类及成分：货架采用的锌铝镁合金镀层分为 I 型（ZAM-1）、II 型（ZAM-2）、III 型（ZAM-3），镀层成分应符合表 3 规定，其他杂质元素含量总和不超过 1%。镀层种类及大气腐蚀等级见附录 A。

表 3 锌铝镁合金镀层成分

镀层种类	镀层代号	镀层成分
锌铝镁合金镀层 I 型	ZAM-1	Al 含量为 3%~<5%、Mg 含量为 2%~4%，其余为不可避免元素和 Zn，其他元素含量总和不超过 1%
锌铝镁合金镀层 II 型	ZAM-2	Al 含量为 5%~7%、Mg 含量为 2%~4%，其余为不可避免元素和 Zn，其他元素含量总和不超过 1%
锌铝镁合金镀层 III 型	ZAM-3	Al 含量为 10%~12%、Mg 含量为 2%~4%，其余为不可避免元素和 Zn，其他元素含量总和不超过 1%

5.2.2 镀层附着量：公称镀层附着量为双面镀层附着量之和，宜选用 80 g/m^2 、 120 g/m^2 、 140 g/m^2 、 180 g/m^2 、 200 g/m^2 、 250 g/m^2 、 275 g/m^2 、 300 g/m^2 、 350 g/m^2 、 350 g/m^2 ；镀层附着量检测应满足：双面三点试验平均值不低于规定公称值，双面单点试验值不低于规定公称值的 85%，单面单点试验值不低于规定公称值的 34%。

5.2.3 镀层厚度：镀层厚度（ μm ） \approx 公称镀层附着量（ g/m^2 ）/镀层密度（ g/cm^3 ）/2，其中 ZAM-1 镀层密度为 6.6 g/cm^3 ，ZAM-2 锌层密度为 6.2 g/cm^3 、ZMA-3 镀层密度为 5.8 g/cm^3 。锌铝镁合金镀层密度

按公式 (1) 计算:

$$d = 7.14x_{zn} + 2.70x_{Al} + 1.74x_{Mg} \quad (1)$$

式中:

d —— 锌铝镁镀层密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);

x_{zn} —— 锌在锌铝镁合金中的摩尔分数;

x_{Al} —— 铝在锌铝镁合金中的摩尔分数;

x_{Mg} —— 镁在锌铝镁合金中的摩尔分数。

5.2.4 镀层附着性: 采用 180° 弯曲试验测试, 试样为纵向试样, 弯曲压头直径与公称厚度的比值应符合表 4 的规定; 弯曲后距试样弯曲边部 5 mm 以外的外表面, 不应有片状镀层脱落, 允许有不露钢基的镀层裂纹, 不应有剥落痕迹。

表 4 弯曲压头直径与公称厚度的比值

公称镀层附着量 g/m^2	弯曲压头直径与公称厚度的比值		
	低合金高强度钢	结构钢	
		下列规定的最小屈服强度/MPa	
		≤ 350	> 350
200~300	1.5	1.0	1.5
>300~350	1.5	1.5	1.5
>350~600	2.0	2.0	2.0

5.2.5 镀层耐腐蚀性能: 公称镀层附着量不低于 $140 \text{ g}/\text{m}^2$ 的锌铝镁合金镀层, 经加速腐蚀试验后, 平均腐蚀失重应符合对应产品标准或供需双方协议规定, 表 5 为建议值; 中性盐雾腐蚀试验按 GB/T 10125 执行。针对常规室内低腐蚀环境 (C2), 满足 VH 防护等级: 中性盐雾时间宜不小于 480 h (ISO 12944-6 标准值); 工程高要求可不低于 500 h。针对中等腐蚀环境 (C3, 含室内高湿、城市/轻度工业户外), 满足 VH 防护等级: 中性盐雾时间宜不小于 720 h (ISO 12944-6 标准值), 工程高要求可不低于 1000 h。断口和冲孔位置的防护等级参见附录 B。对于公称厚度超过 3.0 mm 的零件, 宜使用锌粉含量超过 95% 的富锌漆或防腐蜡涂抹断口和冲孔位置, 以达到短期防腐作用。

表 5 锌铝镁合金镀层腐蚀性能要求

镀层种类	腐蚀失重 (g/m^2)	
	中性盐雾腐蚀试验	循环腐蚀试验
ZAM-1	≤ 23	≤ 45
ZAM-2	≤ 15	≤ 30
ZAM-3	≤ 15	≤ 30

注1: 腐蚀失重溶液建议选用饱和氨基乙酸溶液。
注2: 中性盐雾腐蚀试验应符合GB/T 10125的规定, 试验时间为500 h。
注3: 中性盐雾腐蚀试验应符合GB/T 10125的规定, 试验时间为1000 h。

5.2.6 表面粗糙度: 镀层表面质量分为普通级 (FA) 和较高级 (FB); 光整处理的较高表面 (FB) 的表面平均粗糙度 R_a 不低于 $0.6 \mu\text{m}$ 且不高于 $1.9 \mu\text{m}$; 非光整处理的普通级表面 (FA), 表面平均粗糙度 R_a 小于 $0.6 \mu\text{m}$ 。

5.2.7 表面质量:

- 不允许有漏镀、镀层脱落、目视可见裂纹等影响使用的缺陷。不切边钢带边部可存在微小镀层裂纹和白边;
- 钢板及钢带表面质量级别特征应符合表 6 规定;
- 钢带允许带缺陷交货, 但有缺陷部分应不超过每卷总长度的 6%;
- 钢带有摩擦黑点和白锈的部分应不超过每卷总长度的 1%。

表 6 表面质量

级别	代号	特征
普通级表面	FA	表面可有缺欠，例如小锌粒、压印、划伤、凹坑、色泽不均、黑点、条纹、轻微钝化斑、锌起伏等。该表面通常不进行光整处理。
较高级表面	FB	较好的一面可有小缺欠，例如光整压印、轻微划伤、细小锌花、锌起伏和轻微钝化斑。另一面至少为表面质量 FA。该表面通常进行光整处理。

5.3 连续热镀锌铝镁合金镀层质量

5.3.1 镀层附着量

5.3.1.1 推荐的公称镀层附着量及镀层代号见表 7。

5.3.1.2 镀层附着量三点试验平均值应不小于规定公称镀层附着量；镀层附着量单点试验值应不小于规定公称镀层附着量的 85%。单面单点镀层附着量试验值应不小于规定公称镀层附着量的 40%。

注：随着镀层附着量的增加，产品的成形性能和焊接性能可能会变差，因此，在确定镀层附着量时，应考虑产品加工时的成形性要求和焊接性要求。

表 7 锌铝镁合金镀层附着量

推荐的公称镀层附着量 ^a g/m ²	镀层代号 ^b
80	80
120	120
140	140
180	180
200	200
220	220
250	250
270	270
275	275
300	300
350	350
375	375
400	400

^a 为双面镀层的重量之和，单位为克每平方米（g/m²）。

^b 双方协商，镀层代号也可用单面镀层附着量进行表示，例如：200 也可表示为 100/100。

5.3.2 镀层附着性

5.3.2.1 镀层附着性采用弯曲试验测试，试样为纵向试样，按 GB/T 39130 规定的 180° 弯曲试验，弯曲压头直径与公称厚度的比值应符合表 8 规定。

5.3.2.2 弯曲试验结果应符合以下规定：距试样弯曲边部 5mm 以外的试样外表面不应有片状镀层脱落；允许有不露钢基的镀层裂纹，不应有剥落痕迹。

表 8 弯曲压头直径与公称厚度的比值

公称镀层附着量 g/m ²	下列规定的最小抗拉强度 MPa	
	600~<700	700~800
≤220	2.5	3.0
>220~350	2.5	3.0
>350~600	3.0	3.5

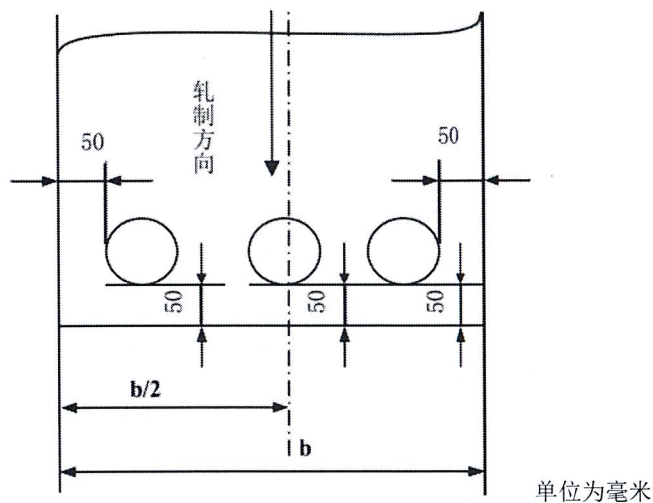
6 试验方法

6.1 钢板及钢带的检验项目和试验方法应符合表 9 的规定。

表 9 检验项目和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法	
1	基材	力学性能-拉伸试验	1个/批	GB/T 2975	GB/T 228.1-2021
2		尺寸、外形、重量	逐卷	—	适宜的量具
3		工艺性能-冲击试验	3个/批	GB/T 2975	GB/T 229
4	锌铝镁合金镀层	镀层种类及成分	1个/批	GB/T 2975	附录C
5		镀层附着量	1组3个/批	取样要求见图1, 单个试样的面积应不小于5000 mm ²	GB/T 1839、附录D
6		镀层厚度			
7		镀层附着性	1个/批	GB/T 2975	GB/T 39130
8		镀层耐腐蚀性能	3个/批	GB/T 2975	GB/T 10125 GB/T 20854
9		表面粗糙度	1个/批	GB/T 2975	GB/T 2523
10		表面质量	逐卷/逐张	—	目视
11	连续热镀锌铝镁合金镀层质量	镀层附着量	1组3个/批	取样要求见图1, 单个试样的面积应不小于5000 mm ²	GB/T 1839、附录D
12		镀层附着性	1个/批	GB/T 2975	GB/T 39130

注：用于连续热镀锌铝镁合金镀层钢板及钢带检验。



标引序号说明：

b——钢板或钢带的宽度。

图 1 镀层附着量试样的取样位置

6.2 冲击试验结果应按一组 3 个试样的算术平均值计算，其中一个试样值可低于规定值，但不得低于规定值的 70%

6.3 镀层耐腐蚀性能试验结果应按一组 3 个试样的算术平均值计算，其中一个试样值可低于规定值，但不得低于规定值的 70%。

7 连接材料

7.1 焊接材料应与基材牌号相匹配，焊接工艺应符合国家现行钢结构焊接相关标准；焊缝宽度超过 3 mm 时，应对焊缝表面进行防腐处理，宜采用电弧热喷涂，涂覆合金选用 Zn-15% Al、Zn-50% Al、Zn-Al-Mg 等含 Al 和 Zn 的热喷涂锌合金，C1-C2 环境下镀锌厚度不小于 20 μm，C3-C4 环境下镀层厚度不小于 30 μm，C5 及以上环境下不小于 80 μm。

7.2 紧固件应选用与锌铝镁合金镀层相容性好的材质，其防腐性能不应低于货架基材的镀层防护等级，力学性能和检测应符合国家现行紧固件相关标准要求。紧固件的力学性能应符合 GB/T 3098.1（螺栓）、GB/T 3098.2（螺母）、GB/T 3098.5（自攻螺钉）等的要求。

8 荷载能力

8.1 货架的额定承载能力应根据货架设计标准，通过结构设计确定。

8.2 设计标准应采用项目所在国家或地区的货架设计标准，对于没有货架设计标准的国家或地区，可参照欧洲标准 BS EN 15512 和 BS EN 16681 或中国推荐性标准 GB/T 39681 和 GB/T 39830。

8.3 货架结构设计应至少考虑以下荷载：自重等永久荷载、额定货物荷载、冲击荷载、水平缺陷荷载以及地震作用等。相关荷载的取值与计算应依据货架设计标准。

8.4 当货架所在的环境为高温、高湿、强腐蚀性等特殊环境时，应依据相关标准进行针对性设计，以确保货架在设计使用年限内的安全性和耐久性满足要求。

9 安装要求

9.1 连接要求

货架各构件之间的连接应牢固可靠，焊接焊缝应平整、连续，无裂纹、夹渣、气孔、未焊透等缺陷，焊缝尺寸应符合设计要求。

9.2 镀层防护

9.2.1 货架安装过程中，应采取防护措施，避免碰撞、刮擦镀层，造成镀层破损、脱落。

9.2.2 货架安装完成后，应对所有连接部位、暴露部位的防腐处理进行检查，确保防腐措施到位。

9.3 其他要求

其他安装要求按 JB/T 11270 执行。

10 检验规则

10.1 总则

检验规则应满足 GB/T 2828.1、GB/T 2829 的要求。

10.2 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

10.3 出厂检验

每批次产品经检验合格后方可出厂，检验项目应符合表10的要求。

表 10 检验项目

序号	检验项目		出厂检验	型式检验
1	基材	力学性能-拉伸试验	√	√
2		尺寸、外形、重量	√	√
3		工艺性能-冲击试验	√	√
4	锌铝镁合金涂层	镀层种类及成分	×	√
5		镀层附着量	√	√
6		镀层附着性	√	√
7		镀层耐腐蚀性能	×	√
8		表面粗糙度	√	√
9		表面质量	√	√
10		连续热镀锌铝镁合金镀层质量	镀层附着量	√
11	镀层附着性		√	√

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
注：用于连续热镀锌铝镁合金镀层钢板及钢带检验。			

10.4 型式检验

型式检验项目应符合表10要求。有下列情况之一，应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品长期停产后，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构或用户提出进行型式检验的要求时。

10.5 复验

复验和判定规则应符合GB/T 17505的规定。

10.6 数值修约

力学性能和化学成分试验结果采用修约值比较法，修约规则应符合GB/T 8170的规定。

11 标志、包装、运输和贮存

11.1 标志

钢板及钢带的包装、标志及质量证明书应符合GB/T 247的规定。

11.2 产品铭牌

货架的明显、易观察部位应设置固定铭牌，铭牌应采用耐腐蚀材质制作，字迹清晰、不易脱落。铭牌应包含以下内容：

- 产品名称及型号（货架类型）；
- 生产厂家名称、地址及生产日期；
- 货架外形尺寸（长×宽×高，单位：mm）；
- 货位总数及规格（排数×列数×层数）；
- 单元货物外形尺寸（长×宽×高，单位：mm）及额定重量（kg/货位）；
- 警示标识（如“严禁超载”“禁止攀爬”等）。

11.3 包装

11.3.1 货架构件应根据其形状、尺寸和重量进行分类包装，承重构件（立柱、横梁、托臂等）应采用纸板、缠绕膜、纤维打包带等防碰撞、防划伤的包装材料进行固定包装，有效防止运输过程中变形和镀层损伤。

11.3.2 小件构件（连接件、紧固件、配件等）应采用透气木箱包装或木框等其他方式进行包装，防止丢失和锈蚀；每个包装件内应附带配件清单，注明配件名称、规格、数量，确保可追溯。

11.3.3 每批次产品应附带产品合格证、使用说明书、安装图纸、检验报告等技术文件，技术文件应采用防水包装，确保在运输和储存过程中完好无损。

11.3.4 钢板及钢带的包装、标志和质量证明书应符合GB/T 247的规定。如需方对包装有特殊要求，可在订货时由供需双方协商确定，并在合同中明确。

11.3.5 钢板及钢带应储存于通风阴凉、干燥的库房内，距离热源应大于2m，防止长期暴晒。储存期不超过一年，超过一年时，应重新检测评价其性能，合格后方可使用。

11.4 运输

货架产品的运输应遵循安全防护、防止损伤、避免腐蚀的原则，全程保障构件结构完整性与锌铝镁镀层防护性能，具体要求如下：

- 运输车辆与装载固定：运输时应选用适宜的运输车辆，装载前检查车辆车厢是否清洁、无尖锐杂物、无腐蚀性残留。货架构件装车应做到平稳、牢固，采用垫木、专用绑带等进行多点

- 固定，绑带与构件接触部位应增设防护垫，防止运输过程中发生碰撞、颠簸、倾倒，造成构件变形和锌铝镁镀层破损；
- b) 防护措施：运输过程中应采取防雨、防晒、防盐雾的防护措施，避免货架构件被雨水、海水、腐蚀性介质侵蚀；
 - c) 装卸作业要求：装卸货架构件时，应采用专用吊具和装卸设备，遵循“轻吊轻放”原则，严禁直接拖拽、撞击构件。装卸过程中应避免工具直接接触镀层表面，防止镀层脱落、划伤及基材变形；
 - d) 混装禁忌：运输过程中，货架构件应单独装载，严禁与酸碱、盐类、有机溶剂等腐蚀性物质混装；同时避免与尖锐金属件、重型硬质货物混放，防止间接造成镀层损伤和构件变形。

11.5 贮存

11.5.1 货架应贮存于通风阴凉、干燥的库房内，存储仓库建议配备除湿机+温湿度实时监测系统，环境相对湿度（RH）应稳定控制不高于50%（临界湿度以下，可大幅降低电化学腐蚀速率）；若仓库密封性差，可增设防潮隔断或搭建密闭防潮棚。温度应保持在5℃~35℃，距离热源应大于2m，防止长期暴晒和高温烘烤。

11.5.2 货架构件应按型号、批次分类堆放，堆放高度不宜过高，防止底层构件受压变形；堆放时需使用干燥托盘（木质托盘需提前烘干至含水率不高于12%）或钢制支架，垫高与地面保持不小于100mm的距离，防止地面返潮腐蚀。

11.5.3 货架贮存期不超过一年，超过一年时，应重新对镀层性能、基材力学性能等进行检测评价，检测合格后方可使用。

11.5.4 库房内不应存放酸碱、盐类、有机溶剂等腐蚀性物质，防止腐蚀介质挥发对货架镀层造成损害；库房内应设置消防、防潮设施，定期检查。

11.5.5 货架在贮存过程中，应定期检查镀层状态，发现白锈、摩擦黑斑等异常现象时，应及时采取相应的防护措施（如清洁、补涂、重新包装等）。

11.5.6 钢板及钢带应贮存于通风阴凉、干燥的库房内，距离热源应大于2m，防止长期暴晒。储存期不超过一年，超过一年时，应重新检测评价其性能。

附录 A

(资料性)

镀层种类及大气腐蚀等级

A.1 镀层种类

A.1.1 锌铝镁镀层

锌铝镁镀层以锌为主,通过在锌中加入铝元素和镁元素,显著提高了该镀层的大气耐蚀性,尤其提升了镀层在高氯离子浓度以及高二氧化硫环境中的大气耐蚀性,此外在富氨环境中也有良好的耐蚀性。同时,该镀层对钢板的切口、焊缝、冲孔等钢板暴露位置也具有长期的保护效果。锌铝镁镀层中的铝和镁含量越高,大气耐蚀性越强,切口耐蚀性越强,但是变形能力和焊接性能越差,在变形和焊接过程中容易发生镀层开裂。I型锌铝镁镀层的大气耐蚀性能达到热浸镀锌层的2倍~3倍,II型和III型锌铝镁镀层的大气耐蚀性能达到热浸镀锌层的3倍~5倍。

A.1.2 铝锌镁镀层

铝锌镁镀层中含有50%左右的铝,同时添加了一定量镁元素,除保持高耐腐蚀性能特点外,对切口、焊缝、冲孔等钢板暴露位置也具有长期的保护作用。铝锌镁镀层的变形能力较差,不宜用于深冲变形零件的制造。铝锌镁镀层中的镁含量越高,大气耐蚀性越强,切口耐蚀性越强,但变形和焊接性能越差,在变形和焊接过程中容易发生镀层开裂。铝锌镁镀层的大气耐蚀性能达到热浸镀锌层的5倍~8倍。

A.1.3 镀层密度

各类镀层的典型密度见表A.1。

表 A.1 各类镀层的典型密度

镀层种类	密度d (g/cm ³)
锌铝镁合金镀层 I 型	6.6
锌铝镁合金镀层 II 型	6.2
锌铝镁合金镀层 III 型	5.8
铝锌镁合金镀层	3.7

A.2 大气腐蚀性分类说明

大气腐蚀的影响因素包括太阳辐射、温度、湿度、风力、空气污染物、氯离子浓度、潮湿时间等,GB/T 19292.1-2018中规定大气腐蚀分为六个等级,见表A.2。

表 A.2 典型大气环境类型

大气腐蚀等级	典型室外环境
C1	干冷地区,污染非常低且潮湿时间非常短的大气环境,如沙漠、北极、南极
C2	温带地区,低污染环境($SO_2 \leq 5 \mu g/m^3$),如乡村、小镇。干冷地区,潮湿时间段的大气环境,如沙漠、亚北极地区
C3	温带地区,中度污染($5 \mu g/m^3 < SO_2 \leq 30 \mu g/m^3$)或者氯化物有些作用的大气环境,如城市地区、低氯化物沉积的沿海地区。亚热带和热带地区,低污染大气
C4	温带地区,重度污染($30 \mu g/m^3 < SO_2 \leq 90 \mu g/m^3$)或者氯化物有重大作用的大气环境,如污染的城市地区、工业地区、没有盐雾或没有暴露于融冰盐强烈作用下的沿海地区
C5	温带和亚热带地区,超重污染($90 \mu g/m^3 < SO_2 \leq 250 \mu g/m^3$)和/或氯化物有重大作用的大气环境,如工业地区、沿海地区、海岸线遮蔽位置
CX	亚热带和热带地区(潮湿时间非常长),极重污染($SO_2 > 250 \mu g/m^3$)包括间接和直接因素和/或氯化物有强烈作用的大气环境,如极端工业地区、海岸与近海地区及偶尔接触盐雾的地区

A.3 公称镀层附着量

按GB/T 19292.1-2018规定的大气腐蚀性等级，锌合金镀层如果需要满足15年使用不出现铁锈，所需要的最低镀层附着量参考表A.3。

表 A.3 不同大气腐蚀地区最低公称镀层附着量

镀层种类	镀层代号	推荐镀层附着量 (g/m ²)				
		C1~C2	C3	C4	C5	CX
锌铝镁合金镀层 I 型	ZAM-1	140	200	500	不适用	不适用
锌铝镁合金镀层 II 型	ZAM-2	140	140	275	400	不适用
锌铝镁合金镀层 III 型	ZAM-3	140	140	275	400	不适用

附录 B

(资料性)

锌合金镀层的断口和冲孔位置的防护等级

锌合金镀层在腐蚀过程中，能够在断口和冲孔位置沉淀形成白色保护性膜层。如果保护性膜层形成得足够快且足够致密，则在断口和冲孔位置不会出现铁的锈蚀。如果保护性膜层形成足够致密但不够快，则在形成保护性膜层之前断口和冲孔位置会出现不同程度的锈蚀。但是一旦形成了保护性膜层，锈蚀就不会进一步发展，不会影响钢结构长期使用的可靠性。如果不能形成致密的保护性膜层，则断口和冲孔位置的锈蚀会进一步发展，恶化钢结构的长期使用可靠性。

根据断口和冲孔位置的锈蚀情况，将断口和冲孔位置的防护程度分为五个等级，见表B.1。不同防护等级的典型断口宏观形貌见图B.1~图B.5。

注：表中红色铁锈均为在腐蚀的后期，由于镀层消耗，自愈合能力下降切口再次出现的红锈，即二次红锈。在腐蚀加速试验的早期，自愈合作用发生前切口出现的点状红锈，即一次红锈不作评价。

表 B.1 断口和冲孔位置的防护等级说明

防护等级	断口和冲孔位置的锈蚀情况	断口和冲孔位置的风险	防腐处理
1	没有出现红色铁锈，只有白色保护性膜层	没有风险	不需要
2	在白色保护性膜层下存在浅红色铁锈，铁锈没有进一步扩展	没有风险	不需要
3	在白色保护性膜层存在深红色铁锈，铁锈没有进一步扩展	风险较低	不需要
4	出现褐色或者棕色铁锈，铁锈缓慢扩展	风险较高	宜使用锌粉含量超过95%的富锌漆或防腐蜡涂抹断口和冲孔位置
5	完全被褐色或者棕色铁锈覆盖，铁锈明显扩展	风险极高	宜使用锌粉含量超过95%的富锌漆或防腐蜡涂抹断口和冲孔位置

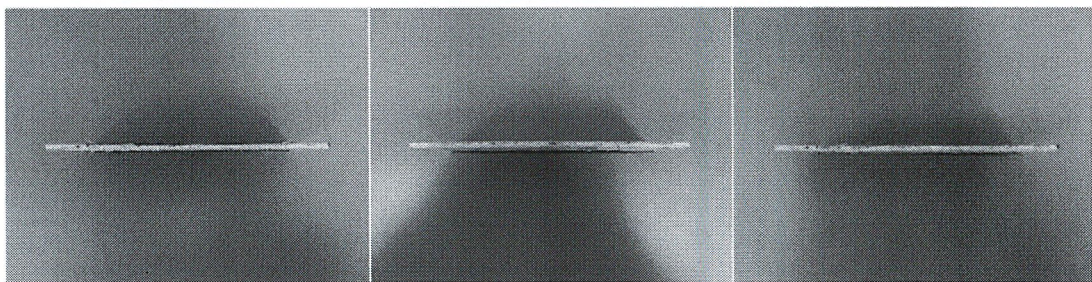


图 B.1 防护等级为 1 的断口形貌

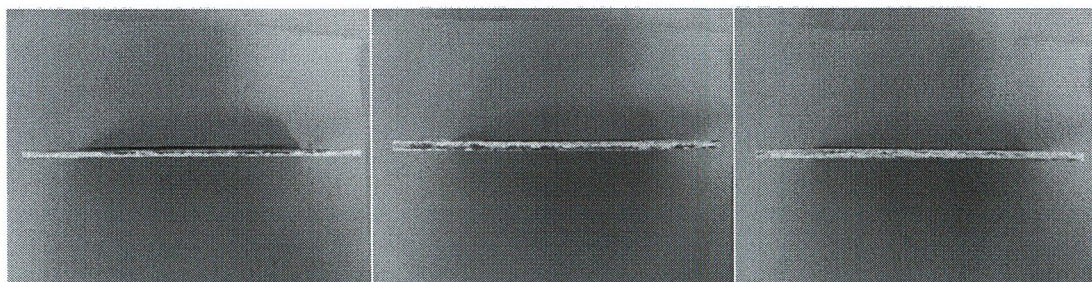


图 B.2 防护等级为 2 的断口形貌

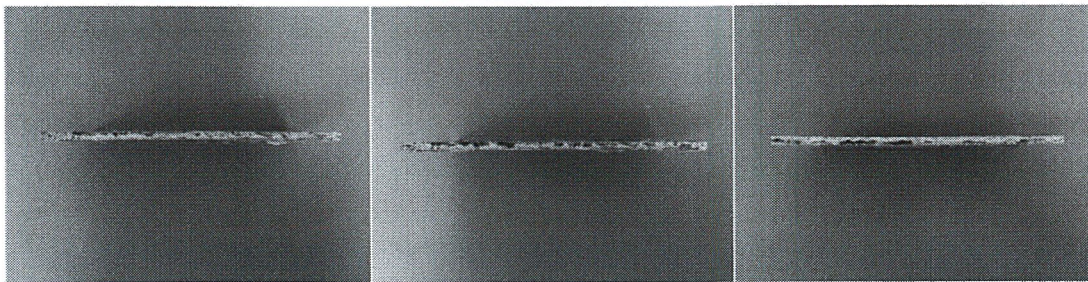


图 B. 3 防护等级为 3 的断口形貌

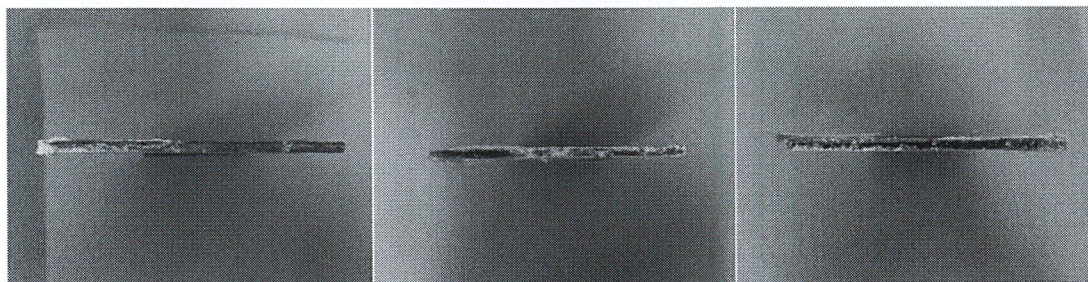


图 B. 4 防护等级为 4 的断口形貌

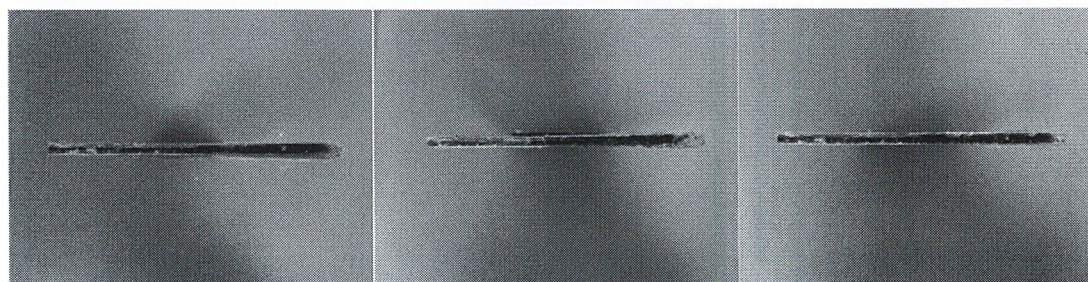


图 B. 5 防护等级为 5 的断口形貌

附录 C

(规范性)

锌铝镁镀层和铝锌镁镀层合金成分的测定 化学分析法

C.1 原理

将锌铝镁镀层溶于具有缓蚀作用的试剂中，待镀层完全溶解后，取溶液进行分析，检测各元素的含量。

C.2 试剂

六次甲基四胺盐酸溶液：称取0.35g化学纯六次甲基四胺，溶解于50ml浓盐酸($\rho = 1.19\text{g/ml}$)中，用蒸馏水或去离子水稀释至100ml。

C.3 试验步骤

C.3.1 试样

试样表面积不小于 1600mm^2 。

试样表面必须干净，必要时要用合适的，不侵蚀镀层的溶剂清洗试样表面，再立即放入化学纯无水乙醇中清洗，然后在室温下彻底干燥。

C.3.2 试验方法

将试样浸入六次甲基四胺盐酸溶液中。以氢气析出（剧烈冒泡）的明显停止作为溶解过程结束的判定。然后取出试样并用水冲洗。冲洗液和溶解液混合后定容至 V (ml)。按GB/T 1839的规定测定试样溶解镀层后的质量损失 W (mg)。采用GB/T 12689.1、GB/T 12689.7、GB/T 12689.8和GB/T 12689.12分别测定溶液中的铝、镁、铁等元素的含量 C_i (mg/ml) (i 代表Al、Mg等元素)。

C.4 分析结果的计算

按式 (C.1) 计算镀层中某元素的质量分数 W_i ，数值以%表示：

$$W_i = \frac{100 \times C_i \times v}{W} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

C_i ——溶液中元素含量，单位为毫克每毫升 (mg/ml)；

V ——定容后溶液体积，单位为毫升 (ml)；

W ——试样质量损失，单位为毫克 (mg)。

注： i 代表Al、Mg等元素。

附录 D

(规范性)

锌铝镁合金和铝锌镁合金镀层附着量的测定 X射线荧光法

D.1 原理

当激发出来的荧光X射线照射到样品时，就会测出从试样镀层上射出的荧光X射线的强度，将此强度与已知镀层附着量的样品强度进行比较，以此来确定试样的镀层附着量。

D.2 试验仪器

D.2.1 色散型X射线荧光光谱仪。X射线荧光光谱仪应具有良好的稳定性和灵敏度，能区分由镀层和基体产生的荧光X射线。

D.2.2 仪器工作环境应满足GB/T 16597的规定。应放置在不电磁干扰、无震动、无气体腐蚀的场所，温度、湿度的控制按仪器要求配置。一般8 h之内温差应不超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度70%以下。

D.2.3 待测荧光X射线应为ZnK α 的一次波（波长14.35 nm）。

D.3 试样

D.3.1 试样尺寸

试样的尺寸应使其能够安装到荧光X射线检测仪的样品室中，在该样品室中，照射到试样上的初级X射线的面积不小于 314 mm^2 。

D.3.2 取样位置和试样数量

从钢板及钢带的宽度中间位置以及距两边缘不小于50 mm处分别各取一个试样，试样为圆形或方形。

D.4 工作曲线的绘制和校准

D.4.1 工作曲线的绘制

工作曲线的绘制如下。作为测定X射线测量试样镀层附着量所需的取样的替代方案，c)中使用的X射线测量试样的镀层附着量按GB/T 1839确定，并用于工作曲线绘制，在这种情况下，X射线测量试样的面积应不小于 1200 mm^2 ：

- a) 为绘制工作曲线，要取两组试样：一组作为X射线测量试样（以下简称“A试样”），另一组用来确定X射线测量试样的镀层附着量（以下简称“B试样”）。两组试样都应取自与靶材镀层类型相同的钢板或钢带。取一个或两个相邻的A试样，其尺寸要能够放在测试仪器的样品室内。此外，取两个B试样，在A试样的每一面各放一个，要使其尺寸不小于 1200 mm^2 ；
- b) 选定在A试样的哪个面上照射激发出来的X射线。根据GB/T 1839中的方法测量选定的B试样表面的镀层附着量。在这种情况下，在未被测量的试样表面涂漆，然后烘干，或在其上粘上宽胶带，来防止镀层洗脱。求出2个B试样的镀层附着量平均值，将该值作为A试样被激发的X射线照射的那一面的镀层附着量；
- c) 将A试样安装到试验仪器上，在D.5中规定的条件下将激发出来的X射线照到A试样上来测量荧光X射线的强度；
- d) 至少使用三组不同镀层附着量的A试样和B试样，根据荧光X射线强度和镀层附着量之间的关系绘制工作曲线。

D.5 工作曲线的校准

将校准用试样放到仪器上，定期测量荧光X射线强度或镀层附着量转换值，校准工作曲线。

注：此校准过程应定期执行，例如每8h执行一次或每天执行一次。

D.6 测量步骤

D.6.1 在仪器上安装具有最小镀层附着量表示符号的待测试样，然后设定仪器的条件，使得连续测量10次后的相对标准偏差在1%以内，可测定的镀层附着量接近 0.1 g/m^2 。在通过计数方式测量X射线强度并且测得的计数大于等于10000时，没有必要进行重复测量。

D.6.2 相对标准偏差为测量值的标准偏差（方差平方根的绝对值）除以平均值。

D.6.3 当测量的镀层附着量小于在设定条件时使用的、具有标准镀层附着量表示符号的镀层附着量时，应使用具有相应镀层附着量表示符号的试样确认是否满足上述条件。如果没有满足上述条件，则应重新进行条件的设定。

D.6.4 将试样正确放置在样品室中。

D.6.5 在设定条件下将X射线照射到试样上并测量荧光X射线的强度。

D.6.6 利用工作曲线，将荧光X射线强度转换为每平方米的镀层附着量（单面， g/m^2 ）。

D.6.7 在试样的背面重复上述D.6.3~D.6.5步骤以确定镀层附着量，然后将试样正面与背面的总镀层附着量作为该试样的镀层附着量（双面， g/m^2 ）。

D.7 测定装置的点检

仪器应进行有效的设备点检，点检事项应符合GB/T 16597中设备点检的规定。此外，还应将仪器的镀层附着量测量值与GB/T 1839中得到的测量值进行比较，以此确认其正常状态。

参 考 文 献

- [1] GB/T 39681 立体仓库货架系统设计规范
 - [2] GB/T 39830 立体仓库钢结构货架抗震设计规范
 - [3] BS EN 15512 Steel static storage systems. Adjustable pallet racking systems. Principles for structural design
 - [4] BS EN 16681 Steel static storage systems. Adjustable pallet racking systems. Principles for seismic design
-

抄送：本协会会员工作部，本协会存档（2）。

中国质量检验协会

2026年6月4日印发
